



1c997 U.S. PTO

10/003051



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 54 814.8
Anmeldetag: 04. November 2000
Anmelder/Inhaber: Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Hamburg/DE
Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Registrierung von
Bildern
IPC: G 06 T 7/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Juni 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Weikmayr

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren und Vorrichtung zur Registrierung von Bildern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Registrierung einer Serie von mindestens drei zeitlich nacheinander erfassten Bildern (I_1 - I_n) eines Objekts, wobei einzelne zu registrierende Bilder (I_2 - I_n) mittels einer individuellen Abbildungsvorschrift (T_2 - T_n) in registrierte Bilder (I_2' - I_n') transformiert werden, wobei zur Bestimmung der Abbildungsvorschrift (T_2 - T_n) ein Ähnlichkeitsmaß (M) verwendet wird. Um eine höhere Registrierungs Genauigkeit zu erreichen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, zur Bestimmung der Abbildungsvorschriften (T_2 - T_n) der zu registrierenden Bilder (I_2 - I_n) ein gemeinsames Ähnlichkeitsmaß (M) aller Bilder (I_1 - I_n) zu verwenden. Die Erfindung betrifft außerdem auch eine entsprechende Vorrichtung zur Registrierung.

(Fig. 3)

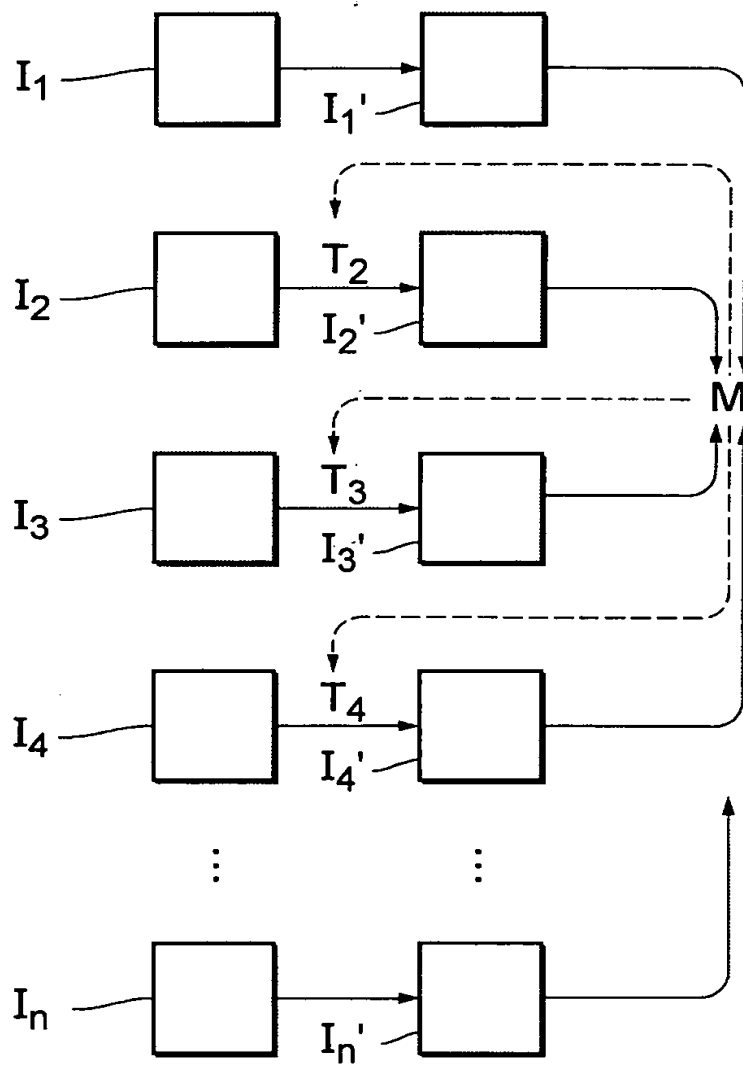


Fig. 3

BESCHREIBUNG

Verfahren und Vorrichtung zur Registrierung von Bildern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Registrierung einer Serie von mindestens drei zeitlich nacheinander erfassten Bildern eines Objekts sowie eine entsprechende Vorrichtung zur Registrierung. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur zeitlich nacheinander erfolgenden Erfassung einer Serie medizinischer Bilddaten eines Untersuchungsbereichs eines Untersuchungsobjekts sowie ein Computerprogramm zur Ausführung eines solchen Verfahrens und/oder zur Steuerung einer solchen Vorrichtung.

10 Zur Auswertung von Bildern, die zeitlich nacheinander erfasst wurden, ist es oftmals erforderlich, in einem ersten Schritt der Bildverarbeitung, diese Bilder zu registrieren, um insbesondere unerwünschte Bewegungen, die bei der Erfassung der Bilder aufgetreten sind und das Auswertungsergebnis verfälschen würden, auszugleichen. Solche Bewegungen können sowohl Bewegungen des Objekts als auch Bewegungen der Bildaufnahmeverrichtung sein. Registrierung bedeutet dabei, dass festgestellt wird, wie die verschiedenen Bilder aufeinander abzubilden sind bzw. zusammenpassen, insbesondere welche Translationen und/oder Rotationen das Objekt oder die Bildaufnahmeverrichtung erfahren hat zwischen der Aufnahme der einzelnen Bilder, die vor der Auswertung der Bilder ausgeglichen werden müssen.

20 Wenn beispielsweise in zeitlichem Abstand voneinander aufgenommene Bilder des nächtlichen Sternenhimmels miteinander kombiniert oder verglichen werden sollen, um astronomische Daten zu gewinnen, ist es erforderlich, eventuelle Bewegungen der Bildaufnahmeverrichtung, also z. B. des Stativs des Fotoapparats, zunächst auszugleichen und die genaue Lagebeziehung zwischen den Bildern zu bestimmen. Ansonsten würde das Auswertungsergebnis verfälscht.

Ein weiteres Beispiel sind medizinische Bilddaten, beispielsweise der funktionalen Magnetresonanztomographie, bei der häufig etwa 100 dreidimensionale Bilder erfasst werden. Bewegungen des Kopfes des Patienten während der Bilddatenerfassung würden

das Auswertungsergebnis, also das resultierende funktionale Übersichtsbild, deutlich verschlechtern. Eine Kompensation solche Bewegungen ist deshalb dabei ein zwingender Verfahrensschritt. Eine hohe Registrierungsgenauigkeit ist auch deshalb erforderlich, da bereits geringfügige Ungenauigkeiten und Interpolationsfehler Artefakte in den resultierenden funktionalen Übersichtsbildern verursachen würden.

Bei bekannten Registrierungsverfahren, wie sie beispielsweise in "Medical Image Matching - a review with classification", IEEE Eng Med. Bio. 12, (1993) 26-29 beschrieben sind, wird die Registrierung auf der Basis von Bildstrukturen, beispielsweise Grenzstrukturen oder besonderen Bildmerkmalen, oder auf der Basis von Grauwerten der Bilder vorgenommen. In jedem Fall werden immer nur zwei Bilder betrachtet und eine Abbildungsvorschrift zwischen nur zwei zu registrierenden Bildern bestimmt, die dann dazu benutzt wird, eines der beiden Bilder auf das andere zu transformieren und damit zu registrieren. Zur Bestimmung der Abbildungsvorschrift wird dabei meist ein Ähnlichkeitsmaß verwendet, das jedoch ebenfalls nur für die zwei jeweils betrachteten und zu registrierenden Bildern bestimmt wird. Eines dieser beiden Bilder repräsentiert dabei das Referenzbild, auf das das andere Bild registriert wird.

Bei einer Serie von zeitlich nacheinander erfassten Bildern werden bei den bekannten Verfahren alle Bilder somit auf ein festes Referenzbild registriert oder jedes Bild wird auf das zeitlich zuvor erfasste und bereits registrierte Bild registriert. Die verfügbare Information wird dabei jedoch nicht optimal ausgenutzt, so dass die Registrierungsgenauigkeit nicht optimal ist. So kann es vorkommen, dass ein für die Registrierung ausgewähltes Referenzbild nicht für alle zu registrierenden Bilder optimal ist, da beispielsweise Strukturen, die in manchen zu registrierenden Bildern enthalten sind, nicht in dem Referenzbild gezeigt sind. Bei der Registrierung jeweils auf das zeitlich zuvor liegende Bild können dagegen Registrierungsfehler die bei den ersten Registrierungsschritten erfolgt sind, in weitere Registrierungsschritte übernommen werden und sich anhäufen oder durch alle Registrierungsschritte hindurchziehen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Registrierung einer Serie von zeitlich nacheinander erfassten Bildern eines Objekts zu schaffen, das hinsichtlich der genannten Nachteile verbessert ist, insbesondere ein optimales Registrierungsergebnis liefert und die verfügbare Information in den zu registrierenden Bildern optimal ausnutzt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8 gelöst.

- 10 Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass es sinnvoll ist, bei der Registrierung von Bildern nicht nur jeweils zwei Bilder separat zu betrachten und die Abbildungsvorschrift anhand eines für nur diese zwei Bilder berechneten Ähnlichkeitsmaßes zu bestimmen, sondern bei der Bestimmung der Abbildungsvorschrift für zwei zu registrierende Bilder oder bei der Bestimmung von Abbildungsvorschriften für mehr als zwei Bilder ein Ähnlichkeitsmaß aus
- 15 den Daten aller Bilder zu bestimmen und für die Beurteilung zu verwenden, ob die gerade verwendete Abbildungsvorschrift ausreichend gut gewählt ist oder nicht.

- Bevorzugt erfolgt die Bestimmung der Abbildungsvorschriften iterativ, wie in Anspruch 2 vorgesehen ist. Dies bedeutet, dass in einem ersten Schritt eine oder mehrere Abbildungsvorschriften für ein oder mehrere zu registrierende Bilder gewählt werden und dass in
- 20 einem zweiten Schritt das Ähnlichkeitsmaß für alle zu registrierenden - nicht nur die gerade behandelten - Bilder bestimmt wird, wobei die im ersten Schritt untersuchten Bilder mit den gewählten Abbildungsvorschriften vor der Bestimmung des Ähnlichkeitsmaßes transformiert werden. Anhand des im zweiten Schritt bestimmten Ähnlichkeitsmaßes wird dann beurteilt, ob die im ersten Schritt gewählten Abbildungsvorschriften
- 25 optimal sind oder noch weiter optimiert werden müssen. Im ersten Fall werden dann ein oder mehrere weitere Bilder untersucht und wiederum die Schritte 1 und 2 durchgeführt, während im zweiten Fall wieder zu Schritt 1 zurückgekehrt wird, um für dieselben Bilder iterativ die Abbildungsvorschriften weiter zu optimieren. Als Kriterium zur Beurteilung, ob
- 30 eine Abbildungsvorschrift optimal ist, kann also ein Grenzwert oder ein Extremwert für das Ähnlichkeitsmaß verwendet werden.

Vorteilhaft wird jeweils immer nur ein einziges zu registrierendes Bild untersucht und die entsprechende Abbildungsvorschrift für dieses Bild nach dem beschriebenen Verfahren optimiert. Es ist jedoch auch denkbar, gleichzeitig die Abbildungsvorschriften mehrerer Bilder oder aller Bilder zu variieren und jeweils nach jedem Variationsschritt das

5 Ähnlichkeitsmaß zu bestimmen.

Zur Registrierung werden vorteilhaft charakteristische Strukturen oder charakteristische Bildwerte in den Bildern verwendet, wobei für jedes zu registrierende Bild unterschiedliche oder identische Charakteristika gewählt werden können.

10

Bevorzugt sollen durch die zu bestimmenden Abbildungsvorschriften beliebige geometrische Veränderungen des abgebildeten Objekts ausgeglichen werden, insbesondere Translationen, Rotationen, Stauchungen und Dehnungen. Es ist jedoch auch denkbar, die auszugleichenden Veränderungen beispielsweise auf Translationen zu beschränken.

15

In einer bevorzugten Ausgestaltung wird die Erfindung zur Registrierung einer Serie medizinischer Bilder eines Untersuchungsobjekts, insbesondere einer Serie von zwei- oder dreidimensionalen mittels einer medizinischen Bildgebungsmodalität erstellten Bildern verwendet. Die Bilder können dabei alle mittels derselben medizinischen Bildgebungsmodalität erstellt sein, beispielsweise ein zeitliche Serie von mittels der Röntgenfluoroskopie erstellter Bilder. Die Bilder können aber auch mittels unterschiedlicher Bildgebungsmodalitäten erstellt sein. Es können also auch Bilder, die mittels eines Kernspintomographen erfasst wurden, mit Bildern, die mittels einer Ultraschallanordnung erfasst wurden, registriert werden.

25

Besonders vorteilhaft lässt sich die Erfindung bei der funktionalen Magnetresonanztomographie benutzen, bei der zeitliche Serien von Bildern des Gehirns zum Studium von Gehirnaktivitäten bei äußeren Reizen untersucht werden. Um dabei zuverlässige Aussagen treffen zu können, ist eine sehr hohe Genauigkeit der Registrierung erforderlich, die durch

30 die Erfindung erreicht werden kann.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Registrierung gemäß Anspruch 8, die eine Speichereinheit zur Speicherung von Bildern und einer Recheneinheit zur Bestimmung der Abbildungsvorschriften und des Ähnlichkeitsmaßes aufweist. Diese Vorrichtung kann in identischer oder ähnlicher Weise weitergebildet sein und vorteilhafte Ausgestaltungen aufweisen, wie in Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt und in den Unteransprüchen bezüglich des Verfahrens angegeben ist.

Außerdem betrifft die Erfindung auch eine Vorrichtung zur zeitlich nacheinander erfolgenden Erfassung einer Serie medizinischer Bilddaten eines Untersuchungsbereichs eines Untersuchungsobjekts, die eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Registrierung aufweist. Eine solche Vorrichtung kann beispielsweise ein Kernspintomograph, ein Computertomograph, eine Röntgeneinrichtung oder eine Ultraschalleinrichtung sein.

Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Computerprogramm zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder zur Steuerung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Registrierung.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 20 Figur 1 ein Blockschaltbild einer ersten bekannten Ausführungsform eines Registrierungsverfahrens,
- Figur 2 ein Blockschaltbild einer zweiten bekannten Ausführungsform eines Registrierungsverfahrens,
- 25 Figur 3 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Registrierungsverfahrens und
- Figur 4 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bilddatenerfassung.

In Figur 1 ist in einem Blockschaltbild ein erstes Ausführungsbeispiel eines Registrierungsverfahrens nach dem Stand der Technik gezeigt. Darin sind exemplarisch vier Bilder

10 I_1, I_2, I_3, I_4 einer Serie von n zeitlich nacheinander erfasster Bilder $I_1 \dots I_n$ dargestellt, die aufeinander registriert werden sollen. Diese Bilder können beispielsweise zeitlich nacheinander erfasste zwei- oder dreidimensionale Schichtbilder des Gehirns eines Patienten sein, die mittels eines Kernspintomographen erfasst wurden, um funktionale Studien einzelner Bereiche des Gehirns bei äußeren Reizen durchzuführen. Zur Registrierung müssen Abbildungsvorschriften $T_2, T_3, T_4 \dots T_n$ gewonnen werden, die dazu benutzt werden, die ursprünglichen Bilder $I_2, I_3, I_4 \dots I_n$ in registrierte Bilder $I_1', I_2', I_3', I_4' \dots I_n'$ zu transformieren, damit diese aufeinander registriert sind. Durch die Abbildungsvorschriften $T_2, T_3, T_4 \dots T_n$ soll also bestimmt werden, in welchen räumlichen Lagebeziehungen die Bilder I_1-I_n zueinander bestehen.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel werden jeweils zwei benachbarte Bilder aufeinander registriert, das heißt, es wird zunächst das Bild I_2 auf das Bild I_1 registriert, wodurch sich das registrierte Bild I_2' ergibt. Danach wird das Bild I_3 auf das vorher registrierte Bild I_2' registriert, woraus sich das registrierte Bild I_3' ergibt. Danach wiederum wird das Bild I_4 auf das registrierte Bild I_3' registriert, woraus sich wiederum das registrierte Bild I_4' ergibt.

Die Registrierung zweier Bilder zueinander erfolgt derart, dass für das Bild I_2 ein erster Versuch einer Abbildungsvorschrift T_2 festgelegt wird, mit dem das Bild I_2 in das Bild I_2' transformiert wird. Dann wird zwischen dem erhaltenen Bild I_2' und dem Bezugsbild I_1' , das hier dem Bild I_1 entspricht, das Ähnlichkeitsmaß M_2 bestimmt, an dem sich ablesen lässt, ob die Ähnlichkeit zwischen den Bildern I_2' und I_1' (bzw. I_1) ausreichend groß ist, so dass die Abbildungsvorschrift T_2 nicht weiter verändert werden muss. Als Ähnlichkeitsmaß können dazu beispielsweise die Varianzen von Voxeln, also einzelner kleiner Bildpunkte oder Gruppen von Bildpunkten, in den Bildern I_1' und I_2' bestimmt werden. Besagt das Ähnlichkeitsmaß, dass die Ähnlichkeit noch nicht ausreichend groß ist, so wird die Abbildungsvorschrift nun schrittweise so lange weiter verändert, bis das jeweils berechnete Ähnlichkeitsmaß die Aussage ergibt, dass die Ähnlichkeit zwischen den Bildern I_2' und I_1' ausreichend groß ist.

30

Die Vorgehensweise bei der Registrierung eines Bildes auf das jeweils vorhergehende bereits registrierte Bild ist identisch zu der beschriebenen Vorgehensweise. Das heißt, über

das Ähnlichkeitsmaß M_3 zwischen den Bildern I_3' und I_2' wird die Abbildungsvorschrift T_3 bestimmt. Gleichmaßen wird danach mittels des Abbildungsmaßes M_4 die Abbildungsvorschrift T_4 zwischen den Bildern I_4' und I_3' bestimmt. Dies erfolgt so lange, bis alle Bilder auf das jeweils vorhergehende Bild registriert sind. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass jedes Bild immer nur auf das jeweils zeitlich vorhergehenden Bild registriert wird und sich somit Fehler, die in den ersten Registrierungsschritten enthalten sind, in weiteren Registrierungsschritten fortpflanzen.

In Figur 2 ist eine zweite Ausführungsform eines Registrierungsverfahrens nach dem Stand der Technik gezeigt. Im Unterschied zu dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel werden hier alle zu registrierenden Bilder $I_2, I_3, I_4 \dots I_n$ auf ein festes Referenzbild I_1' registriert, das wiederum dem Bild I_1 entspricht. Die Abbildungsvorschrift T_2 wird demnach mittels des Ähnlichkeitsmaßes M_2 bestimmt, das wie bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel aus den Bildern I_2 und I_1' bestimmt wird. Anders als bei der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform werden das Ähnlichkeitsmaß M_3 und das Ähnlichkeitsmaß M_4 zur Bestimmung der Abbildungsvorschriften T_3 und T_4 aus dem Bild I_3' dem Bezugsbild I_1' bzw. I_4' und I_1' bestimmt.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist allerdings, dass möglicherweise nicht alle Strukturen, die in dem Bezugsbild I_1' enthalten sind und zur Registrierung verwendet werden, nicht in allen anderen Bildern enthalten sind, so dass die Registrierung mit unterschiedlichen Bezugspunkten erfolgt. Anders herum können auch Strukturen, die in einzelnen zu registrierenden Bildern $I_2, I_3, I_4 \dots I_n$ enthalten sind und sich besonders gut für die Registrierung eignen würden, nicht in dem Bezugsbild I_1' enthalten sind.

Ein Blockschaltbild einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Figur 3 gezeigt. Bei diesem werden die Abbildungsvorschriften $T_2, T_3, T_4 \dots T_n$ alle anhand desselben Ähnlichkeitsmaßes M bestimmt, das aus allen Bildern $I_1', I_2', I_3', I_4' \dots I_n'$ bestimmt wird. Die Bestimmung der Abbildungsvorschriften $T_2, T_3, T_4 \dots T_n$ kann dabei schrittweise erfolgen, indem zunächst die Abbildungsvorschrift T_2 bestimmt wird, wobei nach jeder Variation das Ähnlichkeitsmaß M aus allen Bildern $I_1' - I_n'$ bestimmt wird, um zu prüfen, ob die Abbildungsvorschrift ausreichend gut ist. Dies kann so lange erfolgen, bis für die

Abbildungsvorschrift T_2 ein Optimum gefunden ist. Danach kann in nächsten Schritten jeweils die Abbildungsvorschrift T_3 und danach T_4 bestimmt werden, jeweils unter Verwendung desselben Ähnlichkeitsmaßes M aus allen Bildern. Alternativ können auch mehrere oder alle Abbildungsvorschriften gleichzeitig variiert und danach das Ähnlichkeitsmaß bestimmt werden, wobei dies wechselweise so lange erfolgt, bis ein Optimum für das Ähnlichkeitsmaß M gefunden ist.

Mathematisch ausgedrückt kann das Ähnlichkeitsmaß beispielsweise als grauwertbasierte Varianz eines Voxels - betrachtet als Funktion der Zeit - integriert über das gesamte Bildvolumen mit nachfolgender Formel berechnet werden:

$$V(I_1, \dots, I_n) = \frac{1}{n l_x l_y l_z} \sum_{i=1}^{l_x} \sum_{j=1}^{l_y} \sum_{k=1}^{l_z} W_{ijk} \sum_{t=1}^n (I_t(i, j, k) - \bar{I}_t(i, j, k))^2.$$

Dabei bedeuten I_1, \dots, I_n die Bilder einer Zeitserie und l_x , l_y und l_z die Anzahl der Voxel entlang jeder Koordinatenachse. Außerdem gilt:

$$\bar{I}_t(i, j, k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n I_t(i, j, k),$$

der den durchschnittlichen Grauwert eines Voxels angibt. Außerdem kann ein Faktor w_{ijk} eingeführt werden, um Voxeln an den Bildgrenzen weniger Einfluß zu geben als Voxeln im Zentrum eines Bildes.

Zur Optimierung des Ähnlichkeitsmaßes müssen bei n Bildern $n-1$ Abbildungsvorschriften bestimmt werden. Werden feste Transformationen mit 3 Rotationsparametern und 3 Translationsparametern angenommen, so beträgt die Gesamtzahl der Parameter insgesamt $6n-6$.

Die Schritte zum iterativen Bestimmen der Abbildungsvorschriften sollen im Folgenden an zwei Varianten beispielhaft veranschaulicht werden. In einer ersten Variante werden folgende Schritte durchlaufen:

1. Registrierung der ersten beiden Bilder $I_1 (=I_1')$ und I_2 ergeben die Abbildungsvorschrift T_2 . Alle anderen Bilder I_3, \dots, I_n sind in diesem Schritt vernachlässigt. Das Ähnlichkeitsmaß ist dabei gegeben durch

5

$$V(I_1, I_2) = \frac{1}{2l_x l_y l_z} \sum_{i=1}^{l_x} \sum_{j=1}^{l_y} \sum_{k=1}^{l_z} W_{ijk} \sum_{t=1}^2 \left(I_t(i, j, k) - \frac{(I_1(i, j, k) + I_2(i, j, k))}{2} \right)^2$$

Damit ergibt sich I_2' .

2. Wenn nach mehreren Schritten inzwischen s Bilder (I_1', \dots, I_s') registriert wurden, dann wird die Registrierung des Bildes I_{s+1} und die Bestimmung der Abbildungsvorschrift T_{s+1} erreicht durch Optimierung von

10

$$V(I_1, \dots, I_{s+1}) = \frac{1}{(s+1)l_x l_y l_z} \sum_{i=1}^{l_x} \sum_{j=1}^{l_y} \sum_{k=1}^{l_z} W_{ijk} \left(\sum_{t=1}^s (I_t'(i, j, k) - \overline{I_t'}(i, j, k))^2 + (I_{s+1}(i, j, k) - \overline{I_{s+1}'}(i, j, k))^2 \right)$$

wobei gilt:

15

$$\overline{I_t'}(i, j, k) = \frac{1}{s+1} \left(\sum_{t=1}^s I_t(i, j, k) + I_{s+1}(i, j, k) \right)$$

Damit ergibt sich I_{s+1}' .

3. Dieses iterative Verfahren ist nach $n-1$ Iterationen beendet, wonach I_1', \dots, I_n' vorliegen.

20

Eine zweite Variante sieht vor, alle Bilder I_1, \dots, I_n gleichzeitig zu optimieren.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine deutliche Verbesserung des Registrierungs-
25 ergebnisses, also der Abbildungsvorschriften erreicht, verglichen mit dem Registrierungsergebnis bei den bekannten Verfahren.

Eine Vorrichtung zur zeitlich nacheinander erfolgenden Erfassung einer Serie von Bilddaten, insbesondere mit medizinischen Bildern eines Untersuchungsbereichs eines Patienten, ist in Figur 4 gezeigt. Diese Vorrichtung 1, die beispielsweise ein Kernspintomograph sein kann, weist einen Detektor 2 zur Erfassung der Bilddaten I_1, I_2, \dots auf, die an die Vorrichtung zur Registrierung 3 weitergegeben werden. Diese weist einerseits eine Speichereinheit 4 zur Speicherung der Bilddaten und eine Recheneinheit 5 zur Berechnung der Abbildungsvorschriften und des Ähnlichkeitsmaßes auf. Die registrierten Bilder I_1', I_2', \dots werden von dieser Vorrichtung 3 an eine weitere Bildauswertungseinheit, die hier nicht gezeigt ist, weitergeleitet.

10

Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele und nicht auf die beschriebene Verwendung bei medizinischen Bilddaten begrenzt. Die Erfindung kann zur Registrierung beliebiger zeitlich nacheinander erfolgter Bilder desselben Objekts verwendet werden, bei denen eine hohe Registrierungsgenauigkeit erreicht werden soll, um insbesondere

15 Bewegungen des Objekts oder der Bildaufnahmevorrichtung während der Bildaufnahme auszugleichen. Denkbar ist beispielsweise, die Erfindung auch zur Bewegungskorrektur von digitalen Videoaufzeichnungen zu benutzen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann durch ein geeignetes Computerprogramm realisiert
20 sein, das auf einem Bildverarbeitungsrechner abläuft. Dieses Computerprogramm kann auch in der Vorrichtung zur Bilddatenerfassung enthalten sein und eine entsprechende Vorrichtung zur Registrierung steuern.

25

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Registrierung einer Serie von mindestens drei zeitlich nacheinander erfassten Bildern eines Objekts, wobei einzelne zu registrierende Bilder mittels einer individuellen Abbildungsvorschrift in registrierte Bilder transformiert werden, wobei zur Bestimmung der Abbildungsvorschrift ein Ähnlichkeitsmaß verwendet wird,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass zur Bestimmung der Abbildungsvorschriften der zu registrierenden Bilder ein gemeinsames Ähnlichkeitsmaß aller Bilder verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
10 dadurch gekennzeichnet,
dass die Bestimmung der Abbildungsvorschriften iterativ dadurch erfolgt, dass abwechselnd eine oder mehrere Abbildungsvorschriften variiert werden und dass mit diesen variierten Abbildungsvorschriften das Ähnlichkeitsmaß aller Bilder bestimmt wird, bis ein vorgegebener Grenzwert oder ein Extremwert für das Ähnlichkeitsmaß erreicht wird.
15
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bestimmung der Abbildungsvorschriften für die einzelnen zu registrierenden Bilder schrittweise erfolgt, indem abwechselnd in einem Verfahrensschritt immer nur eine
20 einzige Abbildungsvorschrift variiert und damit das Abbildungsmaß bestimmt wird, bis ein Optimum gefunden wird, und dass in nachfolgenden Verfahrensschritten jeweils eine weitere optimale Abbildungsvorschrift bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Registrierung charakteristische Strukturen oder charakteristische Bildwerte in den Bildern verwendet werden.

5

5. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass durch die Abbildungsvorschriften beliebige geometrische Veränderungen des Objekts, insbesondere Translationen, Rotationen, Stauchungen und Dehnungen, ausgeglichen

10 werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass das Verfahren zur Registrierung einer Serie medizinischer Bilder eines Untersuchungsobjekts, insbesondere einer Serie von zwei- oder dreidimensionalen mittels einer medizinischen Bildgebungsmodalität erstellten Bildern, verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass das Verfahren zur Registrierung einer Serie von mittels der funktionalen Magnetresonanztomographie erstellten Bildern, insbesondere des Gehirns, verwendet wird.

8. Vorrichtung zur Registrierung einer Serie von mindestens drei zeitlich nacheinander erfassten Bildern eines Objekts mit einer Speichereinheit zur Speicherung von Bildern und

25 mit einer Recheneinheit zur Bestimmung individueller Abbildungsvorschriften zur Transformation einzelner zu registrierender Bilder in registrierte Bilder, wobei zur Bestimmung der Abbildungsvorschriften ein Ähnlichkeitsmaß verwendet wird,

dadurch gekennzeichnet,

30 dass die Recheneinheit derart ausgestaltet ist, dass zur Bestimmung der Abbildungsvorschriften der zu registrierenden Bilder ein gemeinsames Ähnlichkeitsmaß aller Bilder verwendet wird.

9. Vorrichtung zur zeitlich nacheinander erfolgenden Erfassung einer Serie medizinischer Bilddaten eines Untersuchungsbereichs eines Untersuchungsobjekts mit einer Vorrichtung zur Registrierung gemäß Anspruch 8.
- 5 10. Computerprogramm zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und/oder zur Steuerung der Vorrichtung nach Anspruch 8.

1/4

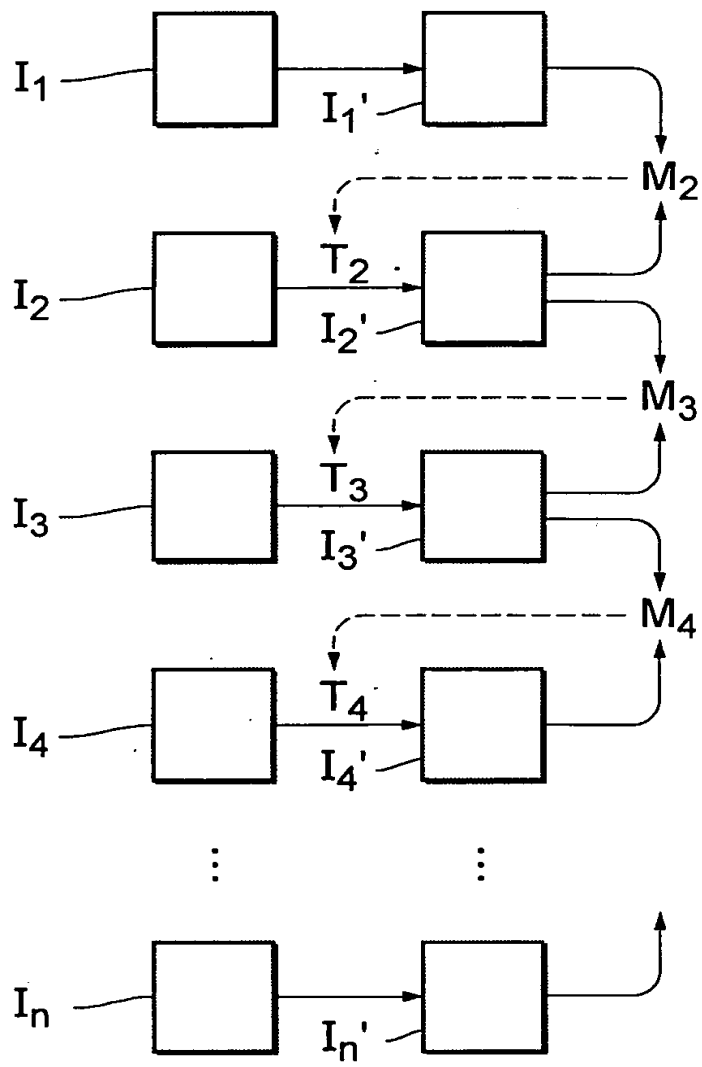


Fig. 1

2/4

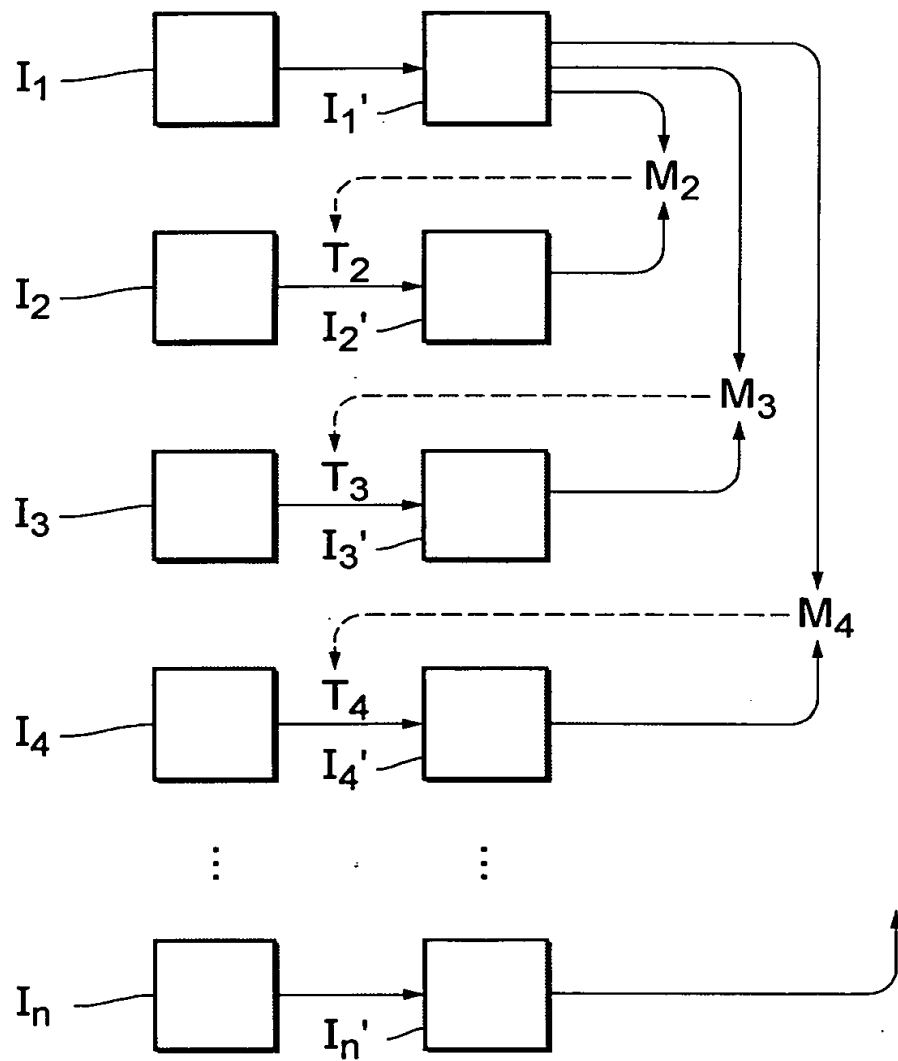


Fig. 2

3/4

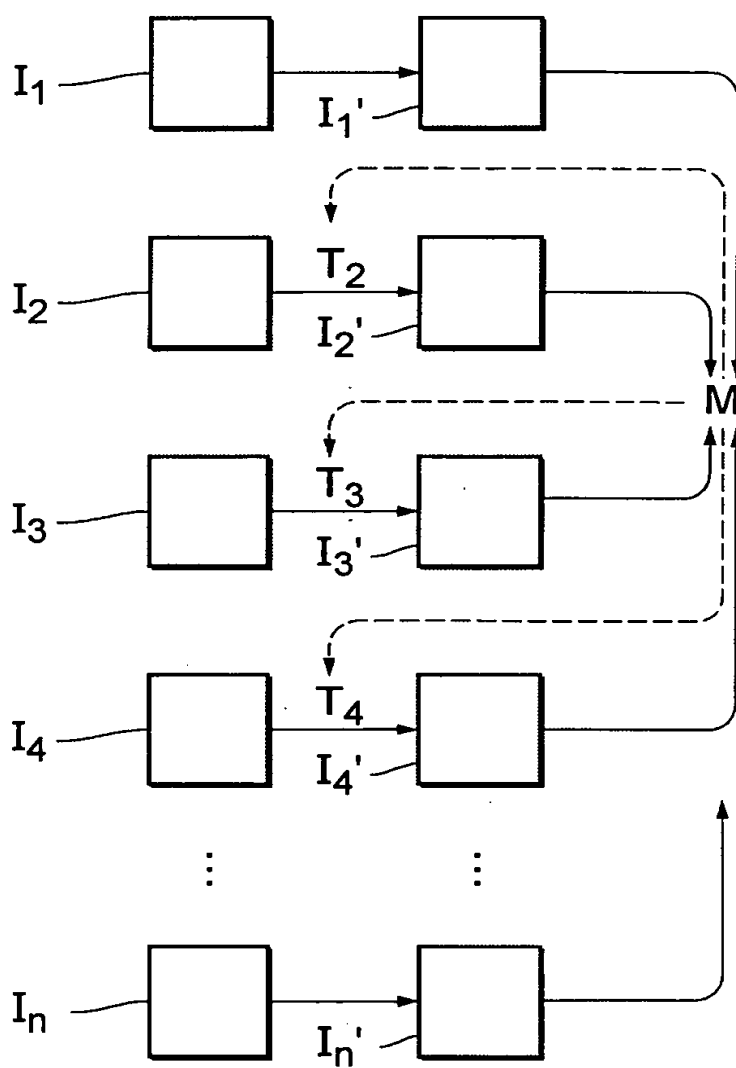


Fig. 3

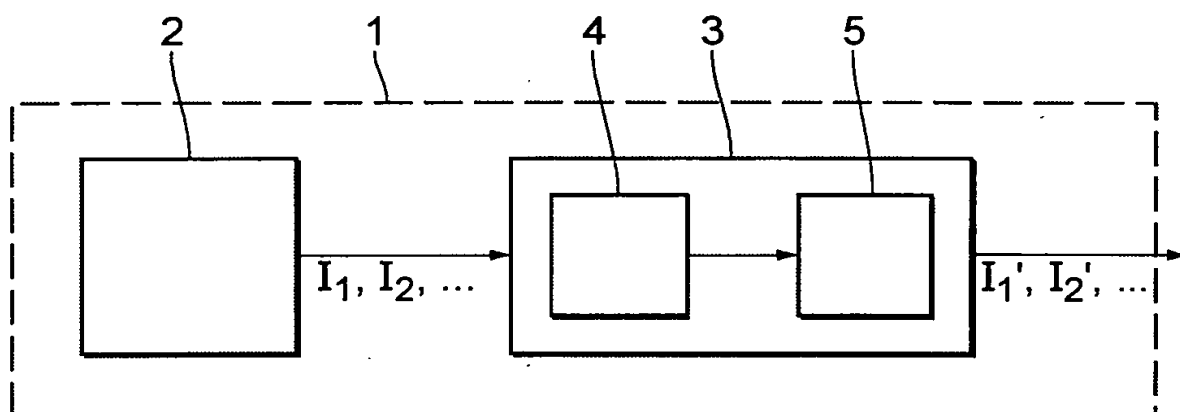


Fig. 4